

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-154346

(43)Date of publication of application : 28.05.2002

(51)Int.Cl.

B60K 28/06
// G08G 1/16

(21)Application number : 2000-355953

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 22.11.2000

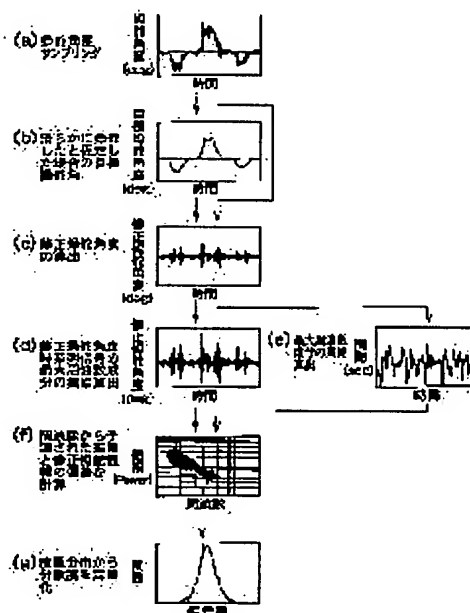
(72)Inventor : NEMOTO HIDEAKI

(54) METHOD AND DEVICE FOR EVALUATING DRIVER'S OPERATION CHARACTERISTICS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and device for evaluating a driver's operation characteristics capable of accurately judging driving skill of a driver regardless of road conditions and traveling conditions.

SOLUTION: Steering angle sampling value is inputted (a), target steering angles with assuming smooth steering based on steering angles during a certain period of time (b) are estimated, correction steering angles is calculated from steering angles against the target steering angles (c), an amplitude (d) and a frequency (e) of the correction steering angles are calculated, a deviation (f) from a 1/f characteristic for the amplitude (d) and the frequency (e) is calculated, and distribution of the deviations is quantified to evaluate a driver's operation characteristics.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一定時間内の操舵角から運転者が収束させるべき所定時刻における目標操舵角を推定する過程と、

前記目標操舵角に対する操舵角から修正操舵角を演算する過程と、

前記修正操舵角の振幅と周波数とを演算する過程と、

これらの振幅と周波数とに対して $1/f$ 特性からの偏差を演算する過程と、

前記偏差の分布に基づいて運転者の操作特性を評価する過程と、

を備えたことを特徴とする運転者操作特性評価方法。

【請求項2】 一定時間内の操舵角から運転者が収束させるべき所定時刻における目標操舵角を推定する過程と、

前記目標操舵角に対する操舵角から修正操舵角を演算する過程と、

前記修正操舵角の振幅と周波数とを演算する過程と、

これらの振幅と周波数とを対数処理し振幅と周波数との相関関係を表わす基準値を演算する過程と、

前記基準値に対する振幅と周波数との偏差を演算する過程と、

前記偏差の分布を演算する過程と、

前記分布値から運転者の操作特性を評価する過程と、

を備えたことを特徴とする運転者操作特性評価方法。

【請求項3】 一定時間内の操舵角から操舵波形の近似式となるフーリエ級数展開式を演算する過程と、

前記近似式内の項の単振動を投影する円軌跡を表現した式に基づいて所定時刻の瞬間的な修正操舵波形の振幅と周波数との積となる振幅周波数積値を演算する過程と、

前記振幅周波数積値の分布を演算する過程と、

前記分布値から運転者の操作特性を評価する過程と、

を備えたことを特徴とする運転者操作特性評価方法。

【請求項4】 一定時間内の操舵角から操舵波形の近似式となるフーリエ級数展開式を演算する過程と、

前記近似式内の項の単振動を投影する円軌跡を表現した式に基づいて所定時刻の瞬間的な修正操舵波形の振幅と周波数との積となる振幅周波数積値を演算する過程と、

該振幅周波数積値から該値が滑らかに変化したと仮定した場合の推定値を推定する過程と、

該推定値に対する前記振幅周波数積値との偏差を演算する過程と、

該偏差の分布を演算する過程と、

該分布値から運転者の操作特性を評価する過程と、

を備えたことを特徴とする運転者操作特性評価方法。

【請求項5】 操舵角を検出する手段と、

一定時間内の前記操舵角データから運転者が収束させるべき目標操舵角を推定する目標操舵角推定手段と、

該目標操舵角推定手段からの推定値に対する操舵角の修正操舵角を演算する修正操舵角検出手段と、

2

前記修正操舵角の振幅と周波数とを演算する振幅周波数検出手段と、

これらの振幅と周波数とを対数処理し振幅と周波数の相関関係を表わす基準値を演算し、該基準値に対する振幅と周波数の偏差を演算する偏差演算手段と、

前記偏差の分布を演算する偏差分布演算手段と、

該分布値から運転者の操作特性を評価する評価手段と、を備えたことを特徴とする運転者操作特性評価装置。

【請求項6】 操舵角を検出する手段と、

10 該操舵角データが示す時間軸上の操舵角波形をフーリエ級数展開式に近似する近似式演算手段と、

該近似式から計測時間内の所定の時刻における瞬間的な修正操舵角の振幅と周波数との積である振幅周波数積値を演算する振幅周波数積値演算手段と、

前記振幅周波数積値演算手段により演算された値の分布を定量化する変動分布定量化手段と、

該定量化値から運転者の操作特性を評価する評価手段と、を備えたことを特徴とする運転者操作特性評価装置。

【請求項7】 請求項6に記載の運転者操作特性評価装置において、

20 前記振幅周波数積値演算手段による値の変動が滑らかに変化したと仮定した場合の値を推定する推定手段と、

該推定値と前記振幅周波数積値との偏差を演算する偏差演算手段と、

該偏差の分布を定量化して運転技量指標値を演算する偏差分布定量化手段と、

該運転技量指標値から運転者の操作特性を評価する評価手段と、

を備えたことを特徴とする運転者操作特性評価装置。

【請求項8】 請求項7に記載の運転者操作特性評価装置において、

30 所定時間毎の前記運転技量指標値を記憶する運転技量指標値記憶手段と、

前記記憶された運転技量指標値を任意の時間毎に時系列表示する表示手段と、

を備えたことを特徴とする運転者操作特性評価装置。

【請求項9】 請求項7に記載の運転者操作特性評価装置において、

運転環境情報を判断する運転環境入力手段と、

40 該運転環境情報に関連付けて前記運転技量指標値を記憶する運転技量指標値記憶手段と、

記憶された前記運転技量指標値から所望の運転環境の運転技量指標値を選択して表示する表示手段と、

を備えたことを特徴とする運転者操作特性評価装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、自動車運転者の運転操作特性を評価する運転者操作特性評価方法及び装置に関する。

50 【0002】

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-154346

(P2002-154346A)

(43) 公開日 平成14年5月28日 (2002.5.28)

(51) Int.Cl.⁷
 B 6 0 K 28/06
 // G 0 8 G 1/16

識別記号

F I
 B 6 0 K 28/06
 G 0 8 G 1/16

テーマト* (参考)

Z 3 D 0 3 7
 F 5 H 1 8 0

審査請求 未請求 請求項の数 9 OL (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-355953(P2000-355953)

(22) 出願日 平成12年11月22日 (2000. 11. 22)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 根本 英明

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外8名)

Fターム(参考) 3D037 FA06 FB09

5H180 AA01 BB15 CC09 LL08 LL20

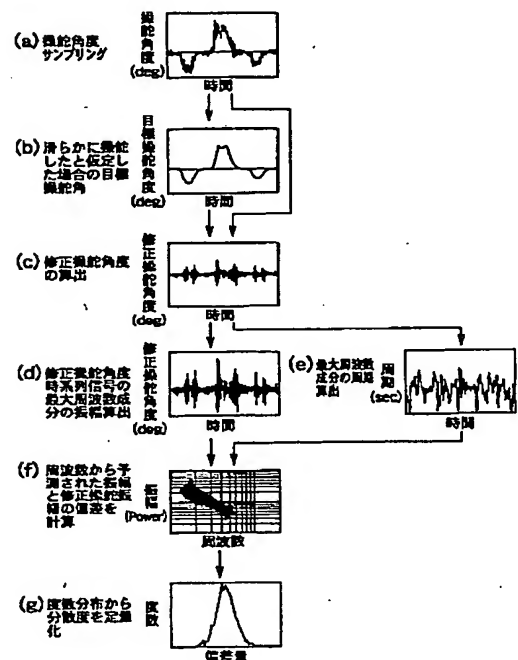
(54) 【発明の名称】 運転者操作特性評価方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 道路条件や走行条件に拘わらず運転者の運転技量を正確に判定することができる運転者操作特性評価方法および装置を提供する。

【解決手段】 操舵角のサンプリング値を入力し

(a)、一定時間内の操舵角かに基づいて滑らかに操舵したと仮定した場合の目標操舵角を推定し (b)、目標操舵角に対する操舵角から修正操舵角を算出し (c)、修正操舵角の振幅 (d) と周波数 (e) とを算出し、これらの振幅と周波数とに対して $1/f$ 特性からの偏差を算出し (f)、この偏差の分布を定量化して (g)、運転者の操作特性を評価する。



(3)

3

【従来の技術】従来より、居眠り運転や脇見運転などの漫然運転を検出して警告を発するために、自動車運転者の運転操作量に基づいて運転操作特性を評価する方法が知られている。

【0003】例えば、第1従来技術として、特開平6-171393号公報記載の「異常運転検出方法及び異常運転警報装置」が知られている。この第1従来技術は、自動車の横Gを検出し、この横GをFFT処理により周波数スペクトラム分析し、分析の設定回数のデータ積算値が漫然運転時には数ヘルツ以下の周波数範囲で特異な傾向（周波数対加速度レベル特性が反比例するか、または当該特性に極大値が存在する）を示すことを利用して、運転状態判定機能により上記特異な傾向が検出されたときに警報を発生するものである。

【0004】この第1従来技術によれば、横G、角速度信号、操舵角信号を周波数分析した結果が運転者の個人差に関係なく $1/f$ となる特性を利用しているため、運転者の個人差に左右されず、かつ運用上の煩わしさを一切伴うことなく、漫然運転に対する警告を行うことができるとしている。

【0005】また、第2従来技術として、特開平11-227491号公報記載の「車両用運転操作監視装置」が知られている。この第2従来技術は、いわゆる「ステアリング舵角エントロピー法」により運転操作の不安定な状態を検出するものである。

【0006】ステアリング舵角エントロピー法は、操舵角の時系列データに基づいて一定時間内の操舵誤差、すなわちステアリングが滑らかに操作されたと仮定した場合の操舵角の推定値と実際の操舵角との差を求め、操舵誤差の度数分布から90%タイル値（操舵誤差の90%が含まれる分布の範囲）を通常運転時の運転者固有の操舵ばらつき度合いを示す α 値として算出する。その α 値を用いて、通常の運転操作状態のステアリング舵角エントロピー値（Hp基準値）と、監視状況下の計算値とを算出し、両計算値の相对比较により運転操作状況の判断を行うものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記第1従来技術には、下記に示すような問題点があった。

【0008】FFTの基本的な考え方は、ある一定時間内で周期的に含まれる周波数成分の強さを分析したものであり、定常的な波形の分布に適した解析方法である。操舵の乱れは単発的に生じるもので、仮に振幅が大きい乱れがあったとしてもその間隔が極度に短ければ影響が小さく実際よりも過小に評価される。従って、実際の運転状態を正しく定量化できないという可能性があった。

【0009】これに対応して局所的な時間幅の振幅精度を上げるためにサンプリング数を少なくすると、周波数分解能が悪化するという問題点がある。また周波数分解能を保ちながら局所的な時間幅の分析を行おうとする

4

と、サンプリング周波数を上げなければならない、サンプルデータ記憶部に大容量を要するとともに、演算量が膨大となり、異常運転検出装置を構成するために、大容量記憶装置と高速演算装置とを必要とし、装置が高価なものとなるという問題点があった。

【0010】また上記第2従来技術には、下記に示すような問題点があった。

【0011】ステアリング舵角エントロピー法は、操舵角の時系列信号からステアリングが滑らかに操作されたと仮定した場合の操舵角の推定値を求め、推定値から実際の操舵角の逸脱量と頻度とにより、操舵の滑らかさを求めている。しかしながら、走行道路条件による操舵周期とは無関係に一樣に操舵の滑らかさを算出しているため、同じ算出量でも漫然運転による操舵量の変化と走行道路条件による操舵量の変化とを区別できない。この道路成分を除去するために通常運転時の同一走行条件での比較対象値を必要とし、走行条件を区分するために計算手段が複雑になるという問題点があった。

【0012】また、走行環境によって基準値が異なるため、同じ走行負荷を原因とする操舵の乱れであっても走行環境が変わった後に生じた場合、正しく評価されないという問題点があった。例えば、カーブから連続的に直線路に変化する走行条件で、カーブでの走行負荷を原因とした操舵の乱れが直進路に変化した後で生じた場合、直進路での基準値はカーブでの基準値よりも低く、相対的に乱れの量が過大評価されるという精度の問題点があった。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、一定時間内の操舵角から運転者が収束させるべき所定時刻における目標操舵角を推定する過程と、前記目標操舵角に対する操舵角から修正操舵角を演算する過程と、前記修正操舵角の振幅と周波数とを演算する過程と、これらの振幅と周波数とに対して $1/f$ 特性からの偏差を演算する過程と、前記偏差の分布に基づいて運転者の操作特性を評価する過程と、を備えたことを要旨とする運転者操作特性評価方法である。

【0014】請求項2記載の発明は、一定時間内の操舵角から運転者が収束させるべき所定時刻における目標操舵角を推定する過程と、前記目標操舵角に対する操舵角から修正操舵角を演算する過程と、前記修正操舵角の振幅と周波数とを演算する過程と、これらの振幅と周波数とを対数処理し振幅と周波数との相関関係を表わす基準値を演算する過程と、前記基準値に対する振幅と周波数との偏差を演算する過程と、前記偏差の分布を演算する過程と、前記分布値から運転者の操作特性を評価する過程と、を備えたことを要旨とする運転者操作特性評価方法である。

【0015】請求項3記載の発明は、一定時間内の操舵角から操舵波形の近似式となるフーリエ級数展開式を演

(4)

5

算する過程と、前記近似式内の項の単振動を投影する円軌跡を表現した式に基づいて所定時刻の瞬間的な修正操舵波形の振幅と周波数との積となる振幅周波数積値を演算する過程と、前記振幅周波数積値の分布を演算する過程と、前記分布値から運転者の操作特性を評価する過程と、を備えたことを要旨とする運転者操作特性評価方法である。

【0016】請求項4記載の発明は、一定時間内の操舵角から操舵波形の近似式となるフーリエ級数展開式を演算する過程と、前記近似式内の項の単振動を投影する円軌跡を表現した式に基づいて所定時刻の瞬間的な修正操舵波形の振幅と周波数との積となる振幅周波数積値を演算する過程と、該振幅周波数積値から該値が滑らかに変化したと仮定した場合の推定値を推定する過程と、該推定値に対する前記振幅周波数積値との偏差を演算する過程と、該偏差の分布を演算する過程と、該分布値から運転者の操作特性を評価する過程と、を備えたことを要旨とする運転者操作特性評価方法である。

【0017】請求項5記載の発明は、操舵角を検出する手段と、一定時間内の前記操舵角データから運転者が収束させるべき目標操舵角を推定する目標操舵角推定手段と、該目標操舵角推定手段からの推定値に対する実舵角の修正操舵角を検出する修正操舵角検出手段と、前記修正操舵角の振幅と修正操舵周波数を検出する振幅周波数検出手段と、これらの振幅と周波数とを対数処理し振幅と周波数の相関関係を表わす基準値を演算し、該基準値に対する振幅と周波数の偏差を演算する偏差演算手段と、前記偏差の分布を演算する偏差分布演算手段と、該分布値から運転者の操作特性を評価する評価手段と、を備えたことを要旨とする運転者操作特性評価装置である。

【0018】請求項6記載の発明は、操舵角を検出する手段と、該操舵角データが示す時間軸上の操舵角波形をフーリエ級数展開式に近似する近似式演算手段と、該近似式から計測時間内の所定の時刻における瞬間的な修正操舵角の振幅と周波数との積である振幅周波数積値を演算する振幅周波数積値演算手段と、前記振幅周波数積値演算手段により演算された値の分布を定量化する変動分布定量化手段と、該定量化値から運転者の操作特性を評価する評価手段と、を備えたことを要旨とする運転者操作特性評価装置である。

【0019】請求項7記載の発明は、請求項6に記載の運転者操作特性評価装置において、前記振幅周波数積値演算手段による値の変動が滑らかに変化したと仮定した場合の値を推定する推定手段と、該推定値と前記振幅周波数積値との偏差を検出する偏差検出手段と、該偏差の分布を定量化して運転技量指標値を演算する偏差分布定量化手段と、該運転技量指標値から運転者の操作特性を評価する評価手段と、を備えたことを要旨とする。

【0020】請求項8記載の発明は、請求項7に記載の

6

運転者操作特性評価装置において、所定時間毎の前記運転技量指標値を記憶する運転技量指標値記憶手段と、前記記憶された運転技量指標値を任意の時間毎に時系列表示する表示手段と、を備えたことを要旨とする。

【0021】請求項9記載の発明は、請求項7に記載の運転者操作特性評価装置において、運転環境情報を判断する運転環境入力手段と、該運転環境情報に関連付けて前記運転技量指標値を記憶する運転技量指標値記憶手段と、記憶された前記運転技量指標値から所望の運転環境の運転技量指標値を選択して表示する表示手段と、を備えたことを要旨とする。

【0022】

【作用】本発明は、一定時間以上における操舵角信号をパワースペクトル分析すると、運転者個人、運転環境、及び道路形状によらず『 $1/f$ ゆらぎ』特性（周波数と振幅の関係が $1/f$ の傾きで表される）となることと、瞬間的にみた $1/f$ 特性からの偏差分布もしくは偏差量の変化の仕方が個人の技量により異なることに着目し、道路形状の影響を受けずに運転者の運転操作特性を評価するものである。

【0023】図1は、本発明に係る運転者操作特性評価方法及び装置の基本概念を説明する波形図及びグラフである。まず、図1(a)に示すように、運転者の車両操作による操舵角度の時間軸波形は、所定のサンプリング間隔毎にサンプリングされて運転操作特性の評価のために収集される。

【0024】次いで、図1(a)の波形から、滑らかに操舵したと仮定した場合の目標操舵角の波形（同図

(b)）を求め、目標操舵角と実際の操舵角との差分である修正操舵角の波形（同図(c)）を算出する。次いで、修正操舵角の波形から、所定時間毎の瞬間的な周波数成分の周期（同図(e)）とその振幅（同図(d)）とを算出する。

【0025】次いで、周波数成分とその振幅との関係（同図(f)）から、 $1/f$ 特性に基づいて周波数成分と振幅との関係を示す基準関数を算出し、この基準関数からのそれぞれの偏差を計算し、この偏差の度数分布を求め、この分布の分散度（同図(g)）を運転技量を評価する運転技量指標値とする。

【0026】(1) 請求項1または請求項2または請求項5の発明の作用

請求項1、2、5は、次に述べる技術思想に基づいて発明されている。まず、『 $1/f$ ゆらぎ』とは、自然界にある様々な現象は完全にランダムでもなければ完全に一定のものでもなくその中間的な程度の乱雑性を持っていて、その中間的な乱れ（ゆらぎ）を周波数スペクトラムに分析すると周波数対振幅特性が周波数に反比例する

($1/f$) の特性を持っているというものである。このため、周波数解析を行い $1/f$ の周波数対振幅特性を有するか否かが『 $1/f$ ゆらぎ』からの判断の指標となつ

50

(5)

7
ている。上記第1従来技術で開示されているように、この特性は自然界だけでなく、自動車の操舵信号の特性にもあてはまる。

【0027】ところが、従来から行われている周波数解析によるゆらぎ特性の判断は、ゆらぎの本質を捉えているとは言い難い。周波数スペクトラムは変動波形成分がある時間内に分析したものであり、時間平均を行ったものが $1/f$ になっているに過ぎない。 $1/f$ 周波数特性が示す意味は、『周波数と振幅との関係が $1/f$ になっている波形成分が合成された変化特性になっている』ということである。

【0028】飽くまでもある時間内で時間平均したものが $1/f$ に近似できるということのみにしか着目されていない。これは『 $1/f$ ゆらぎ』が持つ一つの特性（周波数に対応して振幅が相似的に変化するというフラクタル特性）のみに着目したものである。

【0029】実際に自然界の波形を分析すると、分析されたスペクトラム上のある周波数の振幅は時間と共に変化しており、その振幅自体にゆらぎをもっている。言い換えると、自然界のゆらぎは、前記 $1/f$ のフラクタル特性上に変化が加わったものである。従来の『 $1/f$ ゆらぎ』の視点ではこの着目点が欠如している。

【0030】本発明は、従来の「時間平均された $1/f$ フラクタル特性」により判断を行うものではなく、 $1/f$ フラクタル特性を除去した変動成分に着目し、その抽出を可能にしたもので、従来の『 $1/f$ ゆらぎ』の技術思想とは全く異なったものである。

【0031】本発明は、この技術思想を自動車の操舵角信号に適用したものである。「時間平均された $1/f$ フラクタル特性」が自動車の操舵において走行環境や個人差によらず観察されることは上記第1従来技術の公報でも述べられているが、前述の自然界のゆらぎと同様に自動車の操舵角信号においても、実際には $1/f$ フラクタル特性だけでなく同一周波数内でも操舵角振幅の変動が生じている。この振幅変化には個人差があり、運転技量が高い人ほど変化のバラツキは小さくなる。従って、この変動を抽出することにより運転技量の評価が可能になる。

【0032】また、基準が $1/f$ の傾きであるため、ハンドル操作角度の絶対量に関係なく共通の指標として使用することができ、道路形状の影響により修正操舵角度が変化する場面でも指標として利用可能である。従って、道路形状の影響を受けない指標値として用いることができる。

【0033】このような技術思想に基づいた発明であるため、請求項1、2、5の発明によれば、道路形状の変化により修正操舵角度の量が増えた場合でも用いられる共通の基準からの偏差量を基にして計算されるので、道路形状の影響を受けない運転操作特性の指標値を簡易的に演算することができ、演算能力や記憶容量の小さい

8
安価な演算装置でも演算することができる。

【0034】(2)請求項3または請求項6の発明の作用

請求項1または請求項2に記載の運転者操作特性評価方法は、演算能力や記憶容量の小さい安価な演算装置で評価を可能にしたものであるが、その反面、各演算段階で誤差が含まれ、それらの値を用いて演算された評価結果は誤差が相乗されたものとなる。

【0035】具体的には、目標操舵角の演算過程では、目標値を推定する手段により生じる誤差がある。例えば後述の第1実施形態では、移動平均により算出された値を目標操舵角としてみなしているが、移動平均するデータ数と操舵周期との関係により算出された目標操舵角が不自然になることがある。

【0036】また周波数の演算過程では、 $1/2$ 周期内の周波数変化が検出できないことにより生じる誤差及び主波形成分以外の波形成分がゼロクロス近辺で乗じていることによる誤差がある。

【0037】さらに振幅の演算過程では、 $1/2$ 周期内のピークを振幅値と見なしているため、ピーク近傍で主周波数以外の波形が加わったときに生じる誤差等がある。

【0038】請求項3、6の発明は、それらの演算過程で生じる誤差を排除し、最終的な計算結果に含まれる誤差を低減するものである。上記目的を達成するために請求項3、6では、サンプル波形を表す近似式を演算し、各段階での演算を経ずに近似式から評価対象となる値を検出している。但し、いずれも計算が複雑になり演算能力の高い機器を必要とするため、演算能力や記憶容量の制限を受けない状況においては、本項の発明により精度を向上させることが可能である。

【0039】請求項3、6の発明は、次に述べる考え方に基づいて発明されている。フーリエ変換により周期的な波形はすべて単振動の単純な波形の重複として表現できる。解析対象となる時系列データを1周期とみなすとそのデータ波形の近似式をフーリエ級数展開式により表現できる。従って、この近似式の各項は単純な単振動となっている。

【0040】まず、これらの単振動を複素平面上で表現することを考慮する。複素平面上では単振動の波形は軌跡が単純な円（参考円）となり、単振動の波形はこの円周上を一定の速度（線速度）で動いた実数軸の値として捉えられる。複素平面上の円の半径が振幅に相当する。このように捉えることで、実数軸の波形のみではピーク時にしか抽出できない振幅が、どの時刻においても半径を観ることで抽出可能となる。

【0041】フーリエ級数は各項が単振動を意味しているため、近似されたデータ波形の複素平面上での軌跡は、それらの単振動の複素平面上の軌跡を合成した値として捉えられる。この場合、実数軸の値がデータ波形と

(6)

9

して現れる。

【0042】単振動と同様に、合成されたベクトルが描く軌跡の半径（回転中心との距離）を抽出することで各計測時の振幅が抽出できる。軌跡の半径は、ベクトルが描く線速度とそれに直交する求心方向の加速度を算出することで算出可能である。この方法を用いることで、回転中心が原点からずれている場合でも各計測時刻の振幅（回転中心との距離）が算出できる。これは実際のデータ処理においては、道路形状により修正操舵成分がオフセットしている場合でも直接修正操舵の振幅を算出できることを意味し、同時に目標操舵角算出段階がないためそれによる誤差は生じないことを意味する。

【0043】データ波形はフーリエ展開によりその近似式となるフーリエ級数式が求まるため、それを基に計測時刻 t の関数として実数軸と虚数軸を表す式が表現できる。このため、線速度は実数軸・虚数軸を表現する式を積分した1階導関数から求まる。同様に加速度は2階導関数から算出される。線速度と直交する加速度成分を求めるには、ベクトルの角度により座標変換することで算出される。

【0044】算出された線速度と加速度と、振幅（回転中心との距離）との関係は次の式で表される。

【0045】

$$\text{【数1】 } r = v^2 / a \quad \dots (1)$$

r : 振幅（回転中心との距離）

v : 線速度

a : 求心方向加速度

また、周波数 f は

$$f = v / (2\pi r) \quad \dots (2)$$

ここで、“ $1/f$ ”との関係を考えると、“ $1/f$ ”とはパワースペクトル特性（振幅）が周波数に反比例する関係であり、振幅と周波数の積が一定となる関係である。上記式に基づき振幅と周波数の積を表すと、

$$\text{【数2】 } r \cdot f = v / 2\pi \quad \dots (3)$$

つまり、“ $1/f$ ”とは線速度 v が一定であることを意味している。前述の通り“ $1/f$ ”を中心としてゆらぎが生じており、そこから逸脱する揺らぎの変化は線速度 v に着目すれば良いことがわかる。

【0046】線速度 v は近似式を変形した導関数から直接求まり、振幅と周波数を算出する演算段階は除去できる。完全に $1/f$ となる波形は線速度 v が一定となるため線速度 v の変化を直接評価することで振幅と周波数との関係のゆらぎを評価することができる。

【0047】よって、請求項3、6の発明によれば、振幅と周波数の算出段階と、基準値算出段階とが省かれ、これらの算出段階で生じる誤差分を低減することができるので、請求項1に記載の技術思想に基づいた評価値を高い精度で算出することができる。

【0048】（3）請求項4または請求項7の発明の作用

10

前述の線速度 v は厳密には運転者の負荷により変動する。負荷は運転者の技量と与えられた課題（タスク）の難易度との相対的な関係により決定する。運転者の技量が高ければタスクの難易度が変化しても影響を受けにくい、運転者の技量が低ければ逆に影響を受けやすくなる。

【0049】厳密に述べると、道路条件の変化は少なからず負荷に影響を与えるが、通常の運転時の道路条件での一般運転者による運転においてはその影響を無視できる。これは実際のデータ分析からも確認されている。このため、請求項1、請求項2、請求項5に書かれている内容は、一般運転者の通常運転時において運転者の技量を評価する指標として用いることができる。

【0050】これに対し、運転技量が著しく衰えた運転者である場合や、要求される運転タスクが極度に難易度の高い場合には、運転環境による負荷増加の影響を無視できない。

【0051】例えば、著しく運転能力が衰えた高齢ドライバーが一般道でのカーブをトレース走行する場合に運転負荷が高くなる場合がある。このような状況下では、道路形状による運転負荷の増加に伴い、前述の評価対象値 v が変動し道路条件に依存した値となる。よって、この値を直接運転者の技量評価に使用することができない場合がある。

【0052】請求項4、7の発明は、上述例の運転環境による負荷増加の影響を無視できない状況でも、道路条件の影響を受けずに評価できる指標値を提供するものである。

【0053】上記目的を達成するために本請求項では、サンプル波形の近似式から検出された評価対象値を基に、その時系列変動の仕方に着目しそれを定量化した値から指標値を算出している。

【0054】請求項4、7の発明は次に述べる考え方に基づいて発明されている。前述の線速度 v の分布により、 $1/f$ の関係からの逸脱した分散を表すと同時に、別の視点から見ると、操作にかかるエネルギーの平方根に比例している。一般論として波動の強さは振幅の二乗と振動数の二乗に比例しているため、波動のエネルギーは線速度 v の二乗に比例している。操舵波形のエネルギー変動は運転者の操作入力により生じたもので、運転操作負荷と相関があり、運転課題を行ったパフォーマンス（運転者の能力で処理された成績）でもある。

【0055】前述の通り、線速度 v は負荷により変動するが、運転技量が高い場合、その変化の仕方は安定し滑らかになっている。逆に、運転技量が低い場合、不安定で変化が急激に起こる。

【0056】これは“ $1/f$ ゆらぎ”の観点から運転技量が高い運転者ほど安定しバラツキが少ないことから説明される。また、完全に $1/f$ の操舵とは操舵波形のエネルギー（操舵負荷）が一定であることがわかる。こ

(7)

11

のような運転状態は実際にはないものの、人間の特性として常に負荷変動の少ない安定した状態を嗜好する特性がある。操作負荷変動の急激な変化は、運転操作リズムの急激な変化でもあると捉えられる。

【0057】以上のことを整理すると、線速度 v の絶対量：運転負荷の指標、線速度 v の予測値との偏差量：運転リズムの乱れの指標、と捉えられる。ここで「安定した滑らかな変化」とは、線速度 v の変化が予測されやすいことを意味する。従って、予測値との偏差量を抽出し、その値の分散度を定量化することで運転操作の安定度を定量化できる。この線速度 v の変動予測との偏差は、運転操作リズムの変化であり負荷の絶対量との相関はない。従って、道路条件の変化に伴う運転負荷の増加に影響を受けない指標値として用いることができる。

【0058】

【発明の効果】（1）請求項1または請求項2または請求項5の発明の効果

請求項1、2、5の発明によれば、道路形状の変化により修正操舵角度の量が変化した場合でも用いられる共通の基準からの偏差量を基にして計算されるので、道路形状の影響を受けない指標値を簡易的に算出することができ、演算能力や記憶容量の小さい安価な演算装置でも算出することができるという効果がある。

【0059】（2）請求項3または6の発明の効果

請求項1または請求項2に記載の評価方法は、演算能力や記憶容量の小さい安価な演算装置で評価を可能にしたものであるが、その反面、各演算段階で誤差が含まれ、最終的な評価結果は誤差が相乗されて精度が低下する場合がある。請求項3、6の発明によれば、振幅と周波数の算出段階と、基準値算出段階とが省かれ、これらの算出段階で生じる誤差を排除し、最終的な計算結果に含まれる誤差を低減することができるので、請求項1に記載の技術思想に基づいた評価値を高い精度で算出することができるという効果がある。

【0060】

（3）請求項4または請求項7の発明の効果

請求項1、2、3、5、6に記載の発明によれば、一般運転者の通常運転時において運転者の技量を評価する指標として用いることができる。これに対し、運転技量が著しく衰えた運転者である場合や、要求される運転タスクが極度に難易度の高い場合には、道路条件による負荷増加の影響を無視できない。

【0061】例えば、著しく運転能力が衰えた高齢ドライバーが一般道でのカーブをトレース走行する場合に運転負荷が高くなる場合がある。このような状況下では、道路形状による運転負荷の増加に伴い、前述の評価対象値 v が変動し道路条件に依存した値となるので、この値を直接運転者の技量評価に使用することができない場合がある。

【0062】請求項4、7の発明によれば、上述例の運

12

転環境による負荷増加の影響を無視できない状況でも、道路条件の影響を受けずに評価できる指標値を提供することができるという効果がある。また請求項4、7の発明によれば、運転操作負荷に依らない操作リズムの変動から指標値を算出しているのので、請求項3、6の発明の指標値よりも適用範囲が広い指標値を算出することができるという効果がある。

【0063】（4）請求項8の発明の効果

請求項8の発明によれば、客観的な運転技量指標値の時系列変化が運転者に提供されるため、運転者自身がより適切な運転技量の判断を行うことができるという効果がある。

【0064】（5）請求項9の発明の効果

請求項9の発明によれば、運転環境別に長期または短期的な運転技量指標値の変化が運転者に提示されるため、運転者はその客観的な情報を参考に運転環境を選択したり、長距離運転時の休憩時間を取得することができるという効果がある。

【0065】

【発明の実施の形態】次に、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【第1実施形態】図2は、本発明の第1実施形態である運転者操作特性評価方法の処理の流れを説明するフローチャートである。本実施形態では、一定時間内の操舵角のサンプリング値から運転者が収束させるべき目標操舵角を推定し、この目標操舵角に対する操舵角から修正操舵角を検出し、この修正操舵角の振幅と周波数とを検出し、これらの振幅と周波数とに対して $1/f$ 特性からの偏差を検出し、この偏差の度数分布に基づいて運転者の操作特性を評価するものである。これにより、修正操舵角から $1/f$ フラクタル特性を除去した変動成分を抽出し運転者の操作特性を定量化することができる。

【0066】（1）目標操舵角の算出

最初に所定サンプリング周期（例えば、0.05sec）で操舵角をサンプリングしたデータを収集する（ステップ21、以下ステップをSと略す）。次いで、操舵角信号に含まれる波形の周期を短時間毎に計算するために、修正操舵角成分を抽出する。自動車の操舵角信号には、操舵目標となる道路形状や意図する進行方向に沿った操舵角と、その目標に舵角を合わせようとしながら目標操舵角の前後で変化する修正操舵角とに分けて考えることができる。修正操舵角は運転環境や道路条件の影響を受ける。例えば、直進路を走行している状況とカーブを走行している状況とでは運転者に加わる負荷は異なり、その振幅と周波数は常に変化することとなる。

【0067】しかし、それらの変化は、平均した広い時間スパンで見ると前述の通り一定の関係（ $1/f$ の特性）となっている。つまり、運転環境や道路形状の影響を受けて振幅と周波数が変化したとしても、どの周波数帯域においても $1/f$ 特性を中心として変化することに

13

は変わりがなく、その関係からはずれる度合いを抽出することにより、道路形状や車両速度条件により影響されない共通の指標として用いることができる。

【0068】このような考え方に従い、まず操舵角から修正操舵成分を抽出する。ここでは、道路成分を抽出するために操舵角信号を移動平均処理し、その結果から得られる滑らかに操舵したと想定した場合の操舵角の推定値を道路形状に沿った目標操舵角信号（道路成分）としている（S22）。この操舵角の推定値の算出方法には、移動平均以外に、2次テイラー展開による予測方法や、ローパスフィルタ処理と位相補正による方法等がある。

【0069】そして、式（4）に示すように、実際の操舵角信号と目標操舵角信号（実操舵角信号の移動平均）との偏差を修正操舵角信号としている（S23）。

【0070】

【数3】

$$\theta_{dn} = \theta_n - \theta_{ma} \quad \dots (4)$$

θ_d : 修正操舵角信号

θ : 実操舵角信号

θ_{ma} : 実操舵角信号の移動平均 (moving average)

$$\theta_{ma} = \sum (\theta_i) / (2 \cdot i + 1) \quad \dots (5)$$

【0071】（2）周波数の抽出

次に修正操舵角信号から周期（周波数）を算出する。修正舵角信号から周期（周波数）の抽出においては、ここでは図3に示すように隣接する二つのゼロクロス間の時間を半周期（ $T/2$ ）として捉え、短時間の周期（周波数）を算出している（S24）。実際にはゼロクロスしてから次にゼロクロスするまでの短時間の間にその周波数成分よりも高い波形が重なり誤差となっている。

【0072】しかし人間の感覚には、大きな刺激と小さな刺激が同時に入力すると小さな刺激を感じにくくなるというマスキング効果があるため、各サンプリング時に最も刺激が強い波形（各サンプリング時の最大振幅を示す周波数）に着目し抽出することが重要で、同乗者等が運転者の運転特性を評価した感覚量に、より適応するものとなる。

【0073】（3）振幅の抽出

ここで求められた周波数に対応する平均的振幅を算出する（S25）。ここで言う振幅とは、波形の山又は谷の部分の振幅 a に相当するものを意味し（図3参照）、同 *

$$c = n \sum (\log f \cdot \log a) - (\sum \log f) \cdot (\sum \log a) / \{n \sum (\log f)^2 - (\sum \log f)^2\} \quad \dots (7)$$

$$d = Y - bX \quad \dots (8)$$

Y : 振幅 a の平均値

X : 周波数 f の平均値

偏差 dA は、式（9）となる。

【0081】

【数6】 $dA = \log(a/A)$

(8)

14

*一の周期内では同じ振幅の正弦波であるとみなして算出している。

【0074】また、修正操舵角信号が目標操舵角信号を中心として振動していることを前提としているため、サンプリング周期で離散的に記録した操舵角信号から正弦波形に近似した波形を求め、その振幅と周期係数から求められた近似式の係数を用いることも可能である。

【0075】

（4）周波数と振幅の関係からの偏差の算出

次に抽出された振幅と周波数との関係が $1/f$ から逸脱している量である各サンプリング時において平均的振幅と修正操舵角信号の振幅との偏差を求める（S26）。具体的な方法としては、①周波数を基に $1/f$ の関係から基準振幅を求め、実際の振幅との偏差を基に算出する方法、②振幅を基に $1/f$ の関係から基準周波数を求め、実際の周波数との偏差を基に算出する方法、③周波数と振幅との積が一定であることから、周波数と振幅との積を求め、その偏差を基に算出する方法がある。

【0076】本実施形態では、S24で検出した周期毎に同一周期内では同じ振幅とみなし、サンプリング周期毎に前記周期の逆数である周波数の値を用いて振幅の基準値を算出し、基準値と実際の振幅との偏差を算出している。

【0077】周波数 f における振幅の基準値 A は、

【数4】

$$A = 10^{(-c \log_{10} f + d)} \quad \dots (6)$$

c, d : 係数

式（6）となる。

【0078】これは、計測対象を一定時間以上とした場合にその基準となる平均的周波数特性が $1/f$ となることを利用して算出したものであるが、実際には計測時間が短い場合、ゆらぎが完全なフラクタルにならず、基準となる周波数特性が $1/f$ からずれることがある。このような状況に対応して汎用性を持たせるために、振幅と周波数の関係から係数 c, d を求めて算出している。

【0079】これらの係数は、解析対象となる振幅と周波数の分析から最小二乗法により基準となる式を演算することができる。

【0080】

【数5】

$$= \log a - \log A \quad \dots (9)$$

同じ重みでの分布を定量化するために対数処理を行っている。

【0082】（5）偏差の分散度の定量化

次に、以上により算出された値の分散度を定量化する。

(9)

15

定量化する手段としては、①標準偏差、②エントロピー計算等がある。

【0083】標準偏差SDで定量化する場合は、式(1)

$$SD = \sqrt{\{(n \sum x^2 - (\sum x)^2) / n^2\}} \quad \dots (10)$$

n: (4)により導かれた分散度を定量化するサンプル数

x: 各サンプルの値

【0085】本実施形態では、エントロピー値を求めることにより分散度を定量化した例を示す。エントロピーは、度数分布の広がりを出す偏差の基準 α 値を基に区分された各区分の確率 P_i により計算される。従って、 α 値はエントロピーを計算する基準値である。 α 値は振幅誤差 e_n の90%が区間 $[-\alpha, \alpha]$ の間に含まれるように設定し、以下の表1に示す振幅誤差 e_n の範囲に含まれる確率 P_i をそれぞれ計算することにより偏差の度数分布を集計する(S27)。

【0086】

【表1】

区分 b_i	振幅誤差 e_n の範囲	確率 P_i
b_1	$-\infty \sim -5\alpha$	P_1
b_2	$-5\alpha \sim -2.5\alpha$	P_2
b_3	$-2.5\alpha \sim -\alpha$	P_3
b_4	$-\alpha \sim -0.5\alpha$	P_4
b_5	$-0.5\alpha \sim 0.5\alpha$	P_5
b_6	$0.5\alpha \sim \alpha$	P_6
b_7	$\alpha \sim 2.5\alpha$	P_7
b_8	$2.5\alpha \sim 5\alpha$	P_8
b_9	$5\alpha \sim \infty$	P_9

$$H_p = -\sum P_i \log_9 P_i \quad (i=1 \sim 9) \quad \dots (11)$$

ここで“ H_p ”の下付文字 p は、エントロピーが確率分布 P 、

$$P = \{P_i\}$$

に従うことを示す。エントロピー値 H_p は振幅偏差 e_n の分布の峻険度を表し、各区分 b_i に当分に含まれる場合に H_p が1となるように底が9の対数により演算する。

【0089】(6)エントロピー値と所定値との比較による運転技量の判断

エントロピー H_p 値が小さいほど振幅誤差 e_n の分布の峻険度が大きく、振幅誤差 e_n の分布が一定の範囲に収まっている。すなわち、ステアリング操作の周波数(周期)と振幅の関係に乱れが少なく、運転が安定した状態にあることを示す。逆にエントロピー H_p 値が大きいくほど振幅誤差 e_n の分布の峻険度が小さく、振幅誤差 e_n がばらついている。すなわちステアリング操作の周波数(周期)と振幅の関係が安定しておらず、運転が不安定な状態にあることを示す。

16

*0)となる。

【0084】

【数7】

この α 値は運転者毎に異なった値となる。複数の運転者間でエントロピー値の相対比較を行う場合は、基準となる共通の α 値を用いてエントロピー値 H_p を計算することとなる(S28)。基準 α 値の設定方法としては、比較の基準となる運転者の α 値を用いる方法や、複数の運転者間で α 値の平均値を基準値として用いる方法等がある。本実施形態では、後者の方法で α 値を設定し定数として扱っている。

【0087】振幅誤差 e_n が区分 b_i に含まれる確率 P_i は、区分 b_i の度数を全度数で除して得られる。エントロピー H_p 値は次の式(11)により定義される。

【0088】

【数8】

※【数9】

※

$$\dots (12)$$

【0090】このように H_p の値を運転操作特性の評価値として、予め記憶した所定値と比較することで運転者の運転操作特性が良好か、要注意か、運転を自粛すべきか等の判断することができる(S29)。その判断結果を表示装置により運転者に提示することで、運転操作特性の評価結果を通知することができる(S30)。

【0091】以上の方法により、一定時間内の操舵角から運転者が収束させるべき目標操舵角を推定し、この目標操舵角に対する実操舵角から修正操舵角を検出し、この修正操舵角の振幅と周波数とを検出し、これらの振幅と周波数とに対して $1/f$ 特性からの偏差を検出し、この偏差の分布に基づいて運転者の操作特性を評価が可能となる。

【0092】また、基準が $1/f$ 特性又はこれに準じた傾きであるため、操舵角の絶対量に関係なく共通の指標

(10)

17

として使用することができ、道路形状の影響により修正操舵角度が変化する場面でも指標として利用可能である。従って、運転環境や道路形状等の影響を受けない運転の操作特性を、安価で演算能力の低い演算装置でも算出可能にしている。

【0093】〔第2実施形態〕次に、図4のフローチャートを参照して、本発明の第2実施形態である運転者操作特性評価方法を説明する。第2実施形態は、計算誤差の累積を避けるために、操舵波形の近似式となるフーリエ級数展開式を演算し、この近似式内の項が示す単振動を投影する円軌跡を表現した式に基づいて、瞬間的な修正操舵波形の振幅と周波数との積である振幅周波数積値*

$$f(t) = a_0 + a_1 \cdot \cos(\omega t) + a_2 \cdot \cos(2\omega t) + \dots + a_n \cdot \cos(n\omega t) \\ + b_1 \cdot \sin(\omega t) + b_2 \cdot \sin(2\omega t) + \dots + b_n \cdot \sin(n\omega t) \quad \dots (13)$$

各係数 a_n , b_n を算出するためにフーリエ変換により求める。これらの係数を基に複素平面上での虚数軸の値を示す関数 $g(t)$ を求める (S44)。

$$g(t) = a_1 \cdot \sin(\omega t) + a_2 \cdot \sin(2\omega t) + \dots + a_n \cdot \sin(n\omega t) \\ + b_0 + b_1 \cdot \cos(\omega t) + b_2 \cdot \cos(2\omega t) + \dots + b_n \cdot \cos(n\omega t) \quad \dots (14)$$

(但し、 b_0 は未知)

ここで、基本波形の角速度 ω は、サンプリングを行った全時間の長さ T により決定され、式 (15) で示され

$$\omega = 2\pi/T$$

近似式の次数 n は、サンプリング定理によりサンプリング周期と T により上限値が決まる。

【0099】これらの $f(t)$ 及び $g(t)$ を用いて評価対象値 “ v ” を算出する。

【0100】サンプリング波形にはノイズによる高い周波数成分が含まれることがあるため、その成分を除去するために各式の全項を用いずに解析対象となる周波数の項のみを抽出して用いることもできる。予めその周波数帯域がわかっている場合は、その帯域のみの項の係数の☆

$$v(t) = \sqrt{(f'(t))^2 + (g'(t))^2} \quad \dots (16)$$

$f'(t)$: 複素平面上での実数値の1階導関数

$g'(t)$: 複素平面上での虚数値の1階導関数

ここで、それぞれの1階導関数は、次の式 (17)、

$$f'(t) = -a_1 \cdot \sin(\omega t) - 2 \cdot a_2 \cdot \sin(2\omega t) - \dots - n \cdot a_n \cdot \sin(n\omega t) \\ + b_1 \cdot \cos(\omega t) + 2 \cdot b_2 \cdot \cos(2\omega t) + \dots + n \cdot b_n \cdot \cos(n\omega t) \quad \dots (17)$$

$$g'(t) = -a_1 \cdot \cos(\omega t) - 2 \cdot a_2 \cdot \cos(2\omega t) - \dots - n \cdot a_n \cdot \cos(n\omega t) \\ - b_1 \cdot \sin(\omega t) - 2 \cdot b_2 \cdot \sin(2\omega t) - \dots - n \cdot b_n \cdot \sin(n\omega t) \quad \dots (18)$$

(3) “ v ” の分散度の定量化

第1実施形態と同様に、線速度 “ v ” の度数分布を集計し (S47)、標準偏差やエントロピーの計算により線速度 “ v ” の分散度を定量化し (S48)、定量化した値を基準値と比較して (S49)、ドライバへ評価結果を提示することができる (S50)。

18

* を算出し、この振幅周波数積値の分布に基づいて運転者の操作特性を評価するものである。

【0094】(1) 近似式の算出

本実施形態では、複素平面上の軌跡の線速度 v を評価対象値として用いるため、まず操舵角のサンプリング値を入力し (S41)、操舵波形をフーリエ級数展開し (S42)、修正操舵成分 (操舵角偏差成分) を級数展開式の部分項として求める (S43)。

【0095】サンプリングされたデータの波形を次のフーリエ級数展開式 (13) で表す。

【0096】

【数10】

※【0097】

【数11】

★る。

【0098】

【数12】

… (15)

☆みを求めることができる。

【0101】(2) 評価対象値 “ v ” の算出

次に近似式から “ v ” を求める。

【0102】計測時刻 t の線速度 $v(t)$ は実数軸、虚数軸を表す式の1階導関数から導かれる (S45、S46)。

【0103】

【数13】

◆ (18) で求められる。

【0104】

【数14】

【0105】エントロピー H_p を算出する場合、線速度 v の偏差の度数分布は、第1実施形態で説明した表1に従って、 $P_1 \sim P_9$ に分類して集計する (S47)。以下、第1実施形態と同様に、式 (11) に従ってエントロピー H_p を計算し (S48)、エントロピー値 H_p と基準値とを比較して運転操作特性 (運転技量) を判断し

(11)

19

(S49)、判断結果を運転者に提示する(S50)。

【0106】〔第3実施形態〕次に、図5のフローチャートを参照して、本発明の第3実施形態である運転者操作特性評価方法を説明する。第3実施形態は、計算誤差の累積を避けるために、操舵波形の近似式となるフーリエ級数展開式を演算し、この近似式内の項が示す単振動を投影する円軌跡を表現した式に基づいて、複素平面上の軌跡の線速度 v が滑らかに変化した場合の推定値と実際の線速度との偏差の分布を評価対象として用いるものである。

【0107】

(1) 線速度 v が滑らかに変化した場合の推定値計算
図5において、S46までは、第2実施形態と同様であるので、重複する説明を省略する。

【0108】本実施形態では、S51以降で、第2実施形態の(2)で求められた評価対象値“ v ”の時系列変*

$$\begin{aligned} e(n) &= v(n) - vP(n) & \dots (19) \\ vP(n) &= v(n-1) + (v(n-1) - v(n-2)) \\ &\quad + 1/2 \left((v(n-1) - v(n-2)) - (v(n-2) - v(n-3)) \right) & \dots (20) \end{aligned}$$

(2) 偏差量分布の定量化

偏差量分布の定量化にあたっては、第1実施形態および第2実施形態と同様に、標準偏差を求める方法やエントロピーを算出する方法を用いることができ、また、所定の基準値との比較結果を運転者に提示することで、客観的な運転技量評価や、運転技量の劣る運転者へ注意を促すことができる。

【0112】エントロピー H_p を算出する場合、線速度 v の偏差の度数分布は、第1実施形態で説明した表1に従って、P1～P9に分類して集計する(S53)。以下、第1実施形態と同様に、式(11)に従ってエントロピー H_p を計算し(S48)、エントロピー値 H_p と基準値とを比較して運転操作特性(運転技量)を判断し

(S49)、判断結果を運転者に提示する(S50)。

【0113】比較対象の所定の基準値は、ここでは $\alpha = 0.775$ で H_p を計算した場合、 H_p が0.46よりも大きくなった場合に、運転技量が注意を要するレベルであるという表示を行うこととした。

【0114】〔第4実施形態〕図6は、本発明に係る運転者操作特性評価装置を車載装置とした実施形態の構成例を示すシステム構成図である。図6において、運転者操作特性評価装置10は、演算及び判断ユニットであるECU5と、偏差分布値記憶装置6と、指標値記憶装置7と、表示制御装置8とを備えている。また運転者操作特性評価装置10には、操舵角センサ1からの操舵角信号、前照灯SW2からの前照灯ON/OFF信号、ワイパーSW3からのワイパーON/OFF信号、及び表示選択SW4からの表示選択信号が入力され、表示装置9へ運転技量指標値を出力できるようになっている。

【0115】ECU5は、第1ないし第3実施形態で説

20

* 化の仕方を評価する。そのために、線速度 v の推定値と実際の線速度 v との偏差量を算出する。

【0109】線速度 v が滑らかに変化した場合の推定値の算出方法には所定の時間幅の値から近似式を算出し、そこに外挿することで変化を予測する方法がある。近似式の算出方法には一般に用いられている近似式算出方法を用いることが可能で、本実施形態では n 時点の推定値を算出するために、過去3点($n-3$, $n-2$, $n-1$)の値を用いて $n-1$ 時点を中心とする2次テイラー展開により算出した値を滑らかに変化した場合の推定値 $vP(n)$ とした(S51)。次いで推定値 $vP(n)$ と実際の線速度 v の偏差 $e(n)$ を算出する(S52)。

【0110】 n 時点の実際の値と推定値の偏差量 $e(n)$ は、式(19)となる。

【0111】

【数15】

明した運転者操作特性評価方法により、運転技量指標値を算出し、運転者の運転技量を評価するものである。

【0116】尚、表示選択SW4及び表示装置9は、専用の装置を設けてもよいが、カーナビゲーション装置の表示入力装置であるタッチパネルディスプレイを利用してもよい。

【0117】この構成により、下記表示内容を運転者に提示する。

1. 運転操作特性の時系列変化

(1) 長期時系列変化：運転技量の変化度(向上しているか、低下しているのか、維持できているのか)
・自動車を所有した時期から、所定の期間毎のデータを時系列表示

(2) 短期時系列変化：疲労による影響度

・運転開始時刻から、所定の間隔で時系列表示

2. 環境別変化

(3) 運転環境別指標値(夜間/日中、雨天/晴天)

3. 各表示におけるレベルの区分

(4) 運転技量の絶対評価(問題なしか、注意が必要か、運転自粛、等)。

【0118】図7に、本実施形態の運転者操作特性評価装置の処理ブロック図を示す。以下、このブロック図に従って本装置の動作を説明する。操舵角センサ1が出力する操舵角信号は、一定のサンプリング周期(例えば、0.05sec)でサンプリングされて操舵角データとなる(S1)。前照灯SW2が出力する前照灯ON/OFF信号は、サンプリングされて運転環境の夜間/日中を区別する運転環境データとなる(S2)。ワイパーSW3が出力するワイパーON/OFF信号は、サンプリングされて運転環境の雨天/晴天を区別する運転環境デ

(12)

21

ータとなる (S3)。

【0119】操舵角データは、運転環境データ及びタイムスタンプと共にデータバッファに一時的に保存される (S4)。保存された操舵角データは処理用に連続した時系列 (配列) データとして取り出される (S5)。この時、運転環境毎に時系列データは区分されて取り出される。

【0120】本実施形態では、運転環境を識別するために前照灯SWのON/OFF信号、ワイパーSWのON/OFF信号を用いている。前照灯ON時には夜間もしくはトンネル等の暗い環境での運転であり、ワイパーがONの時には雨天であると識別する。これらの区分が切り替わった時点でデータを区切るか、もしくは同一の環境下での時系列データ数が所定の値を超えた時点でデータを区切り、処理用のデータ配列として取り出す。取り出されているデータがどの環境区分に属するのかは処理装置上に一時的に保存される。

【0121】次いで、取り出された操舵角データ配列は、評価対象用の度数分布データに集計する段階まで、第1実施形態～第3実施形態と同様にデータ処理が行われる (S6)。例えば、第3実施形態ではP1～P9の区分毎に集計するまで同様に処理計算が行われる。ここではP1～P9までの偏差区分の基準となる α 値は、事前に設定した値を用いるものとする。

【0122】次いで、長期的時系列変化表示用データは、操舵角データ処理により度数分布まで処理されたデータは、運転環境情報により区分され (S7)、所定の時間毎 (例えば日付毎) に積分 (加算) し保存される (S8)。

【0123】S6で度数分布まで処理されたデータは、S8で加算・保存されていく処理とは別に、短時間時系列変化表示用データとして直接数値化される (S9)。数値化の方法は、ここではP1～P9の度数分布集計に基づいたエントロピー値として算出される。算出されたエントロピー値はタイムスタンプと共に記憶装置にデータ保存される (S10)。

【0124】また、長期的時系列変化表示用データとしてS8にて運転環境・所定の期間毎に区分されて加算されているデータは、期間が切り替わった階で (例えば日付が変わった段階で)、P1～P9の度数分布集計に基づき数値化 (エントロピー計算) が行われる (S9)。各指標値は運転環境情報・タイムスタンプ (日付データ) と共に指標値記憶装置7にデータ保存される (S10)。

【0125】指標値記憶装置7に保存されたデータは、表示選択SW4からの表示選択信号により選択された時系列データとして (S11)、表示装置9から運転者に提示する (S12)。提示時には指標値の絶対レベル

22

(『良好』/『要注意』/『運転自粛』等) の領域を示すスケールと共に表示を行う。

【0126】以上好ましい実施の形態について説明したが、これらは本発明を限定するものではない。例えば、図6に示した第4実施形態の構成は、運転者操作特性評価装置10を車載用として、運転技量の短期的時系列変化と長期的時系列変化の双方を評価して表示できるようになっている。しかし、長期的時系列変化のみを評価する場合、運転者操作特性評価装置10は、リアルタイムな運転者操作特性評価を行う必要はないので、車載用とする必要はなく、複数の車両または複数の運転者間で共用する設置型の運転者操作特性評価装置とすることができ。

【0127】この場合、各車両には、操舵角センサ1の操舵角信号、前照灯SW2のON/OFF信号、ワイパーSW3のON/OFF信号及び車両制御用コンピュータの時刻信号をそれぞれサンプリングして記憶する取り外し可能な不揮発性記憶媒体、例えば、メモ리카ードやメモリモジュールを設ける。そして、適当な期間毎に、この記憶媒体を車両から取り外して、運転者操作特性評価装置10に接続し、操舵角データ、運転環境データ、タイムスタンプデータを読み出して、運転者操作特性評価を行うようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る運転者操作特性評価方法の処理概念を模式的に示す図である。

【図2】本発明の第1実施形態である運転者操作特性評価方法の処理手続きを示すフローチャートである。

【図3】第1実施形態における周期、振幅の計算方法を説明する波形図である。

【図4】本発明の第2実施形態である運転者操作特性評価方法の処理手続きを示すフローチャートである。

【図5】本発明の第3実施形態である運転者操作特性評価方法の処理手続きを示すフローチャートである。

【図6】本発明の第4実施形態である運転者操作特性評価装置の構成を示すシステム構成図である。

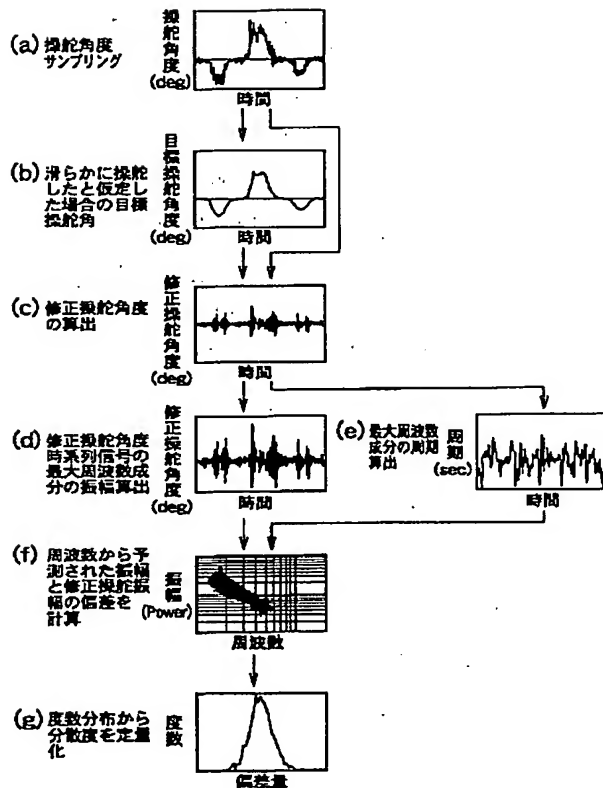
【図7】第4実施形態の動作を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

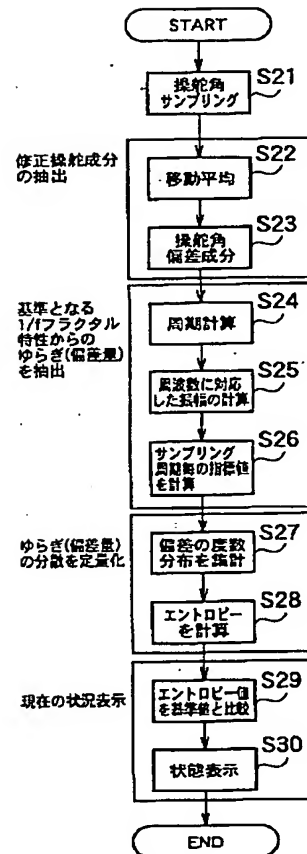
- 1 操舵角センサ
- 2 前照灯SW
- 3 ワイパーSW
- 4 表示選択SW
- 5 信号処理演算部
- 6 偏差分布値記憶部
- 7 指標値記憶部
- 8 表示制御部
- 9 表示装置

(13)

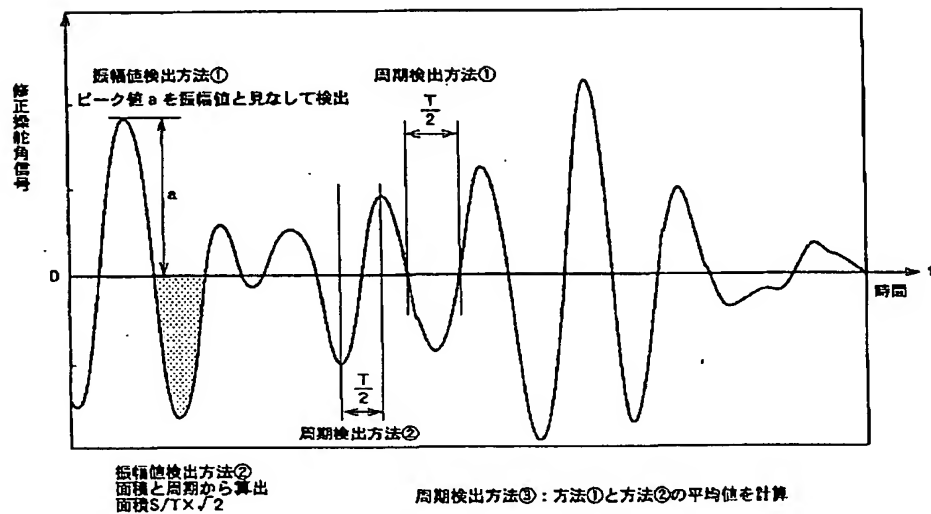
【図1】



【図2】

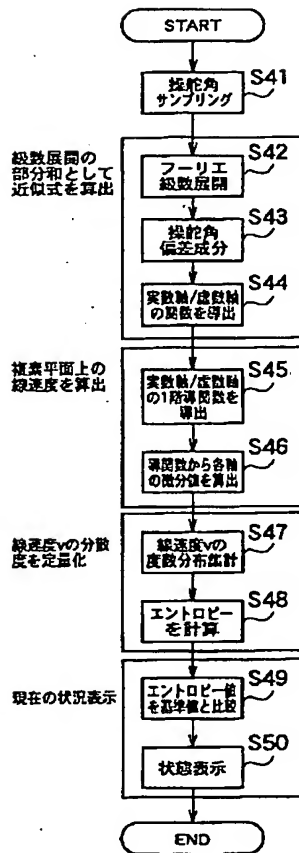


【図3】

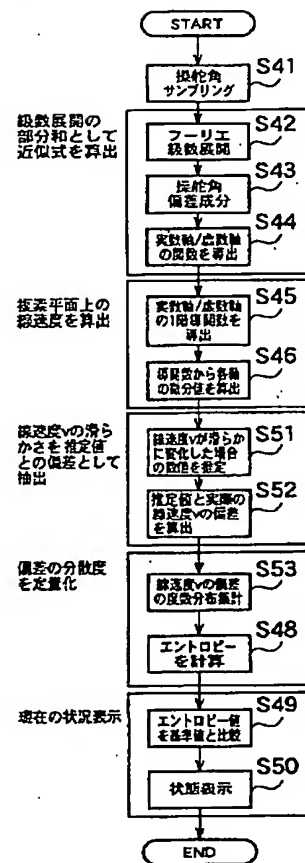


(14)

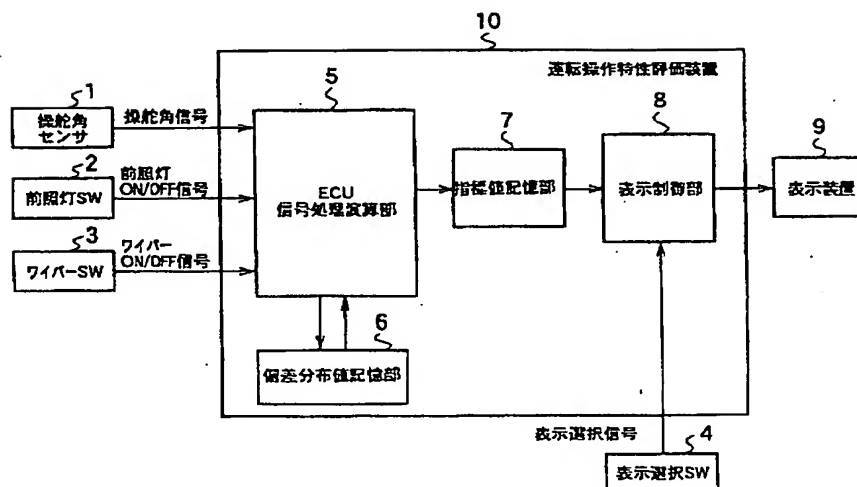
【図 4】



【図 5】



【図 6】



(15)

【図7】

